

Praktijk onderzoek naar de ammoniakemissie bij mesttoediening

Het effect van onderwerken van dunne
varkensmest in een maisstoppel

E.M. Mulder
J.M.G. Hol

dlo



Meetploeg verslag 34506-4400a



Praktijk onderzoek naar de ammoniakemissie bij mesttoediening

Het effect van onderwerken van dunne
varkensmest in een maisstoppel

E.M. Mulder
J.M.G. Hol

Meetploeg verslag 34506-4400a
juni 1992

De uitkomsten van dit onderzoek gelden alleen voor de omstandigheden waaronder de experimenten plaats vonden. Vergelijking is derhalve niet zonder meer mogelijk en is voorbehouden aan de rapporteur.

inhoudsopgave		
1	Inleiding	2
2	Methode	3
2.1	Inleiding	3
2.2	Opzet	3
2.3	Uitvoering	4
3	Resultaten	6
3.1	Inleiding	6
3.2	Bodemgesteldheid	6
3.2	Weersomstandigheden	6
3.3	Mestsamenstelling	7
3.4	Ammoniakemissie	8
3.5	Vergelijking van resultaten	9
4	Samenvatting en conclusies	11
	Literatuur	12
Bijlage I	Micrometeorologische massabalansmethode	13
Bijlage II	Schema proefvelden 4 t/m 8 maart 1992	16
Bijlage III	Weersomstandigheden tijdens het experiment	17
Bijlage IV	Emissiesnelheid per meetmethode	20

1 Inleiding

In opdracht van de begeleidingscommissie voor het intensiveringsonderzoek heeft de veldmeetploeg, die door het ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij is ingesteld, onderzoek verricht naar de vermindering van de ammoniakemissie na het toedienen en onderwerken van dunne varkensmest in een maisstoppel op voorbereekte lichte grond. De gebruikte onderwerkmachines zijn een drie-scharige wentelploeg en een vernieuwde schijveneg. Hiermee is de mest in een tweede werkgang ondergewerkt. De mest is tevens met een schijveneg-mestverwerker toegediend, waarmee de mest in één werkgang wordt verspreid en ondergewerkt.

Uit eerdere experimenten met dunne varkensmest op onbeteeld kleibouwland is gebleken dat door direct onderwerken met de ploeg de emissie met meer dan 90% kan worden gereduceerd (Bruins en Huijsmans, 1989). Op grond van de resultaten van tunnelexperimenten op klei- en zandbouwland kon wat betreft het effect van het onderwerken met een ploeg op de ammoniakemissie geen verschil kunnen worden geconstateerd tussen deze twee grondsoorten (Bruins en Huijsmans, 1989).

Omdat de werkbreedte van een ploeg veel kleiner is dan van een vacuum-tank, duurt het onderwerken met een ploeg langer dan het bovengronds breedwerpig verspreiden van de mest. Gedurende die tijd kan uit de bovengronds gelegen mest ammoniak emitteren en de emissie tijdens de eerste minuten na toediening is juist het grootst. In vorige proeven werd met deze emissie geen rekening gehouden. In het experiment dat in dit verslag is beschreven is getracht deze emissie wel mee te nemen.

Wat betreft het onderwerken met de schijveneg bleek uit eerder onderzoek - dat het direct onderwerken van dunne varkensmest in een tweede werkgang in tarwestoppel op kleibouwland resulteerde in een emissiereductie van 44% ten opzichte van bovengronds breedwerpig verspreiden (Bode, 1990). De mestgift was bij die proef een najaarsgift en twee keer zo groot als de giften in het in dit rapport beschreven experiment en door de aanwezige losse stro schoof de schijveneg gedeeltelijk over de grond. Het gevolg was dat de mest niet voldoende werd ondergewerkt. De in dit verslag beschreven schijveneg is een vernieuwde versie, waarvan dus betere resultaten mogen worden verwacht. In het najaar van 1992 volgt een herhaling van dit experiment, maar zal dan plaatsvinden in een tarwestoppel.

Dit rapport doet verslag van één experiment en geldt daarom slechts voor de omstandigheden waaronder is gemeten.

2 Methode

2.1 Inleiding

De ammoniakemissie van een bemest veld wordt bepaald met behulp van de micro-meteorologische massabalansmethode. In het kort komt deze methode neer op het meten van het verschil tussen aan- en afvoer van ammoniak over een bemest proefveld. Dit proefveld is cirkelvormig en heeft in het algemeen een oppervlakte die tussen 0,15 en 0,20 hectare ligt. Voor deze meetmethode zijn concentratie- en windsnelheidsmetingen op bepaalde hoogten nodig. In bijlage I wordt een korte toelichting op deze methode gegeven.

Met deze meetmethode kan de ammoniakemissie van proefvelden met verschillende soorten mesttoediening of onderwerkmethode worden vergeleken met de emissie van bovengronds breedwerpig uitgereden mest. Ten opzichte van het laatste veld - het zogenaamde referentieveld - kan een reductiepercentage worden berekend. De ammoniakemissie wordt uitgedrukt als percentage van de opgebrachte hoeveelheid ammonium- en totaalstikstof.

2.2 Opzet

Het experiment vond plaats op zandgrond in Nieuw-Wehl. Het bouwland was voorbereid met een vaste tandcultivator. In totaal zijn vier proefvelden bemest. Bij het experiment is gebruik gemaakt van dunne varkensmest, die afkomstig was van een vleesvarkensbedrijf uit de regio. Op drie proefvelden werd de mest bovengronds breedwerpig verspreid, waarna de mest op twee van de velden werden ondergewerkt. In Tabel 1 staan deze onderwerkmachines met werkbreedtes gegeven.

Tabel 1. Overzicht van de gebruikte toedieningsmachines tijdens het experiment.

Veld	Toedienings- of onderwerktechniek	Machine(s)	Kenmerken
1	bovengronds breedwerpig	vacuumtank	werkbreedte ca. 8 m; referentieveld
2	bovengronds breedwerpig gevolgd door ploegen	vacuumtank en drie-scharige wentelploeg	werkbreedte ploeg 1,2 m
3	bovengronds breedwerpig gevolgd door bewerking met schijveneg	Evers schijveneg	werkbreedte eg 2,5 m
4	mesttoedienen en onderwerken in één werkgang	Evers schijveneg-mestverwerker	werkbreedte 4,5 m

De schijven van de vernieuwde schijveneg zijn afzonderlijk gelagerd en onder een hoek naar de grond geplaatst, waardoor een kerende werking wordt bewerkstelligd. De twee rijen schijven zijn afzonderlijk (centraal per rij) door middel van een draaispindel te verstellen. Hierdoor is het mogelijk de mate van menging te beïnvloeden. De diepteinstelling gebeurde d.m.v. een spijlenrol. Eén van de velden, waarop de mest bovengronds breedwerpig is verspreid fungeerde als referentieveld. Op het vierde veld is de mest toegediend met een "schijveneg-mestverwerker". Deze machine brengt de mest met behulp van slangen vlak voor de eerste schijvenrij op de grond en werkt de mest direct door de grond. De inwerkdiepte is ca. 10

cm. Bij de toediening is uitgegaan van giften van ca. 25 m³/ha.

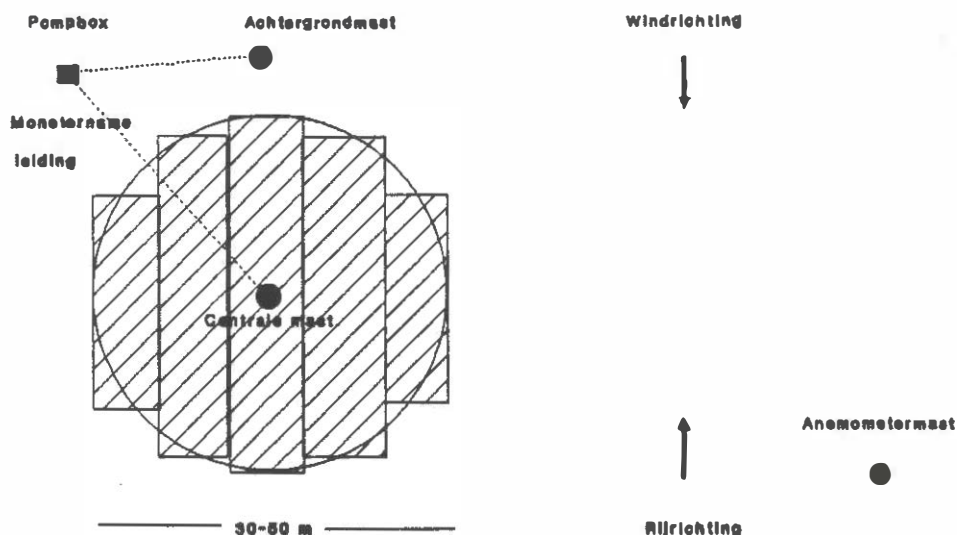
Factoren die de emissie kunnen beïnvloeden moeten voor de vier velden zoveel mogelijk gelijk worden gehouden. De experimenten zijn ongeveer gelijktijdig gestart, zodat verschillen in weersinvloeden op de individuele metingen kunnen worden uitgesloten. Uit voorgaand onderzoek is gebleken dat de emissie direct na het verspreiden van de mest hoog is (Pain en Klarenbeek, 1988). Om het verloop van de emissie te meten moeten de monsternamperiodes direct na de mesttoediening kort zijn. Hierna neemt de emissiesnelheid snel af en kan op langere monsternamperiodes worden overgegaan. Vaak is de tweede dag nog het verschil tussen de emissie overdag en 's nachts te zien. De volgende monsternamperiodes zijn gekozen:

Eerste dag:	0-½ uur, ½-1½ uur, 1½-3 uur, 3-6 uur, 6 uur-schemering, schemering-zonsopkomst;
Tweede dag:	zonsopkomst-36 uur, 36-48 uur;
Derde dag:	48-72 uur;
Vierde dag:	72-96 uur.

In het algemeen treedt 80-90% van de totale emissie in de eerste 48 uur op (Döhler, 1991). Eerdere experimenten hebben uitgewezen dat 96 uur na het uitrijden de emissie nihil is (Bussink et al., 1990).

2.3 Uitvoering

Voor de start van het experiment worden bodemonsters van de bovenste 5 cm van de proefvelden gestoken. Met behulp van deze monsters wordt op gewichtsbasis het vochtgehalte van de bodem bepaald. Van de mest die wordt verspreid wordt voor het uitrijden een aantal monsters genomen. Deze mestmonsters worden geanalyseerd op: ammoniumstikstof, totaalstikstof, fosfor, kalium, pH, droge stof, ruw as en vluchtige vetzuren.



Figuur 1. Schema van een proefveld voor de micrometeorologische massabalansmethode.

In Figuur 1 staat een schema van een cirkelvormig proefveld. In deze figuur staan de posities van de pompbox, de achtergrond- en centrale mast weergegeven. Als de helft van het proefveld is uitgereden en eventueel is ondergewerkt, wordt de centrale mast geplaatst en de meting gestart. Bij het proefveld waar met de ploeg wordt ondergewerkt, wordt de meting al gestart nadat de helft van het veld is bemest en nog niet is ondergewerkt. Dit wordt zo gedaan om de emissie die in de

tijd tussen bemesten en onderwerken opgetreedt mee te nemen in de berekening. Met de centrale mast wordt de ammoniakconcentratie bepaald in de lucht die over een afstand met de lengte van de straal van het veld is gegaan. Met de achtergrondmast, die bovenwinds van de centrale mast staat, wordt de achtergrondconcentratie gemeten. In de masten zijn op verschillende hoogten flesjes met salpeterzuur als opvangvloeistof bevestigd. Met behulp van de pomp wordt lucht door de flesjes gezogen, waarbij de ammoniak in het salpeterzuur achterblijft. In het laboratorium van het IMAG-DLO wordt na de meetperiode de hoeveelheid ammonium in het salpeterzuur met een ionchromatograaf (Waters, proteïn-pak kolom sp 5pw) bepaald. Uit deze hoeveelheid en de flow door het flesje die voor en na een monsternamperiode wordt gemeten, wordt de ammoniakconcentratie in de lucht bepaald. Uit de windsnelheid op verschillende hoogten en de gemeten concentraties volgt dan de hoeveelheid ammoniak die uit de mest is vervluchtigd.

Voor een goede beschrijving van de meetomstandigheden zijn naast de bepaling van het bodemvocht de volgende meteorologische gegevens continu geregistreerd (hoogte gemeten t.o.v. maaiveld):

- windsnelheid op 0,25; 0,4; 0,8; 1,3; 2,4 en 3,7 m hoogte;
- windrichting op 3,7 m hoogte;
- hoeveelheid neerslag;
- luchttemperatuur aan de grond op 0,05 m en op 1,5 m hoogte;
- bodemtemperatuur op 0,05 m beneden maaiveld;
- luchtvochtigheid op 1,5 m hoogte;
- globale straling op 1,5 m hoogte.

3 Resultaten

3.1 Inleiding

Het experiment is uitgevoerd van 4 tot en met 8 maart 1992. Op 4 maart zijn de vier velden tussen 8:25 uur en 9:35 uur bemest. De ligging van de proefvelden ten opzichte van elkaar staat in bijlage II geïllustreerd. De gemiddelde oppervlakte van de velden was 0,15 ha. De onderlinge afstand bedroeg ruim 53 m.

De bovengronds breedwerpig uitgereden mest op het referentieveld bleef in de sporen van de mesttank en in de geultjes loodrecht op de uitrijrichting staan. De geultjes waren een gevolg van een bewerking met een vaste tandcultivator. De tweede dag stond de mest niet meer in de sporen, maar nog wel in de geultjes. De mest werd op het veld van de schijveneg door de bewerking hiermee goed en snel ondergewerkt. Het veld waar de mest met de schijveneg-mestverwerker was ondergewerkt zag er goed uit, hoewel af en toe mestsporen zichtbaar waren. Tijdens het proefrijden op de dag voor de start van het experiment werd de mest beter en dieper door de grond gewerkt.

De mest is door de ploeg goed ondergewerkt. Vanwege de eerder genoemde kleine werkbreedte bleef de mest ca. 10 minuten bovengronds liggen alvorens te worden ondergewerkt. De heersende zuidwestelijke wind streek over het gedeelte dat als eerste werd ondergewerkt.

3.2 Bodemgesteldheid

De bodem van de proefvelden heeft een organisch stofgehalte van 2,1-2,5% en kan worden geklassificeerd als zand. De bodem was vanwege de regenval in voorgaande dagen op het oog vochtig. Uit de grondmonsters bleek dat het vochtgehalte varieerde van 13-14%. De maisstoppel op het perceel was een keer bewerkt met een vaste tandcultivator.

3.2 Weersomstandigheden

In de 24 uur voor het begin van het experiment is 2 mm regen gevallen en waaide het vrij hard (ca. 7 m/s op 2,4 m hoogte). Op de dag van het uitrijden was de wind afgenomen tot ca. 2 m/s. Het was half tot zwaar bewolkt en vrij vochtig (bijna 100% relatieve vochtigheid, zie Figuur 7 en 9 in bijlage III). Later nam de vochtigheid af en steeg de temperatuur op 1,5 m hoogte tot 12°C. 's Nachts daalde de temperatuur naar 5°C op 1,5 m hoogte en werd het vochtiger (100% relatieve luchtvochtigheid). De windsnelheid was constant rond 1,5 m/s.

Op de tweede dag varieerde de windsnelheid van 2 tot 6,5 m/s (zie Figuur 5 in bijlage III). Het was warmer dan de eerste dag, namelijk 17 tot 18°C. Er was hoge sluierbewolking. De relatieve luchtvochtigheid was 60% en lager dan de eerste dag, maar gedurende de nacht steeg de relatieve luchtvochtigheid tot 100%. De temperatuur daalde naar 8°C en de windsnelheid bleef 's nachts gelijk aan overdag. Om ongeveer middernacht begon het te regenen, wat duurde tot de volgende ochtend. Er viel ca. 7 mm regen.

De derde dag begon bewolkt en regenachtig. De regen viel in de vorm van motregen en de hoeveelheid was klein (0,2 mm). De windsnelheid lag tussen 4 en 6 m/s. Naarmate de dag vorderde nam de bewolking en de relatieve luchtvochtigheid af. De temperatuur bereikte 13°C. De wind nam in de avond af tot ca. 1 m/s.

Op de vierde dag nam de windsnelheid weer toe tot 4-5 m/s. Er was minder bewolking en het bleef droog. De temperatuur steeg tot ca. 15°C op 5 cm van de grond.

3.3 Mestsamenstelling

In Tabel 2 staan de gemiddelde waarden van analyseresultaten van vier monsters van de gebruikte dunne varkensmest in vergelijking met de gemiddelde samenstelling van dunne varkensmest (Hoeksma, 1988).

Tabel 2. Gemiddelde samenstelling van de in dit experiment gebruikte dunne varkensmest in vergelijking met de gemiddelde waarden uit Hoeksma (1988).

Grootheid	[eenheid]	Dunne varkensmest	Gemiddeld
ammoniumstikstof	[g/kg]	4,5	3,6 (1,3 - 5,5) *
totaalstikstof	[g/kg]	7,3	6,5 (2,5 - 10,6)
fosfor	[g/kg]	1,6	1,7 (0,1 - 5,2)
kalium	[g/kg]	6,5	5,6 (2,0 - 9,0)
pH	[-]	7,5	8,0 (7,3 - 8,6)
droge stof	[g/kg]	97,8	74 (15 - 157)
ruwe as	[% van ds]	30,9	25 (7 - 53)
vluchtige vetzuren	[g/kg]	15,4	- **

* spreiding waarnemingen;

** geen waarneming.

Uit Tabel 2 blijkt dat de gebruikte mest afwijkt van de gemiddelde waarden wat betreft ammoniumstikstof, totaalstikstof, kalium, pH, droge stof en ruwe as. Alle grootheden, behalve de pH, zijn hoger dan in de literatuur. De pH is lager. Deze afwijkende waarden vallen echter wel binnen de opgegeven spreiding van de gemiddelde mest.

3.4 Ammoniakemissie

In bijlage IV wordt het emissieverloop van elk proefveld per periode vermeld. In Tabel 3 staan de gemiddelde mest- en stikstofgiften en de totale ammoniakemissie per proefveld.

Tabel 2. Gemiddelde giften en ammoniakemissie van bovengronds breedwepig verspreide dunne varkensmest in vergelijking met in dezelfde werkgang of een tweede werkgang ondergewerkte dunne varkensmest.

Bewerking	Giften			Ammoniakemissie		
	mest	NH ₄ -N	N-tot		NH ₄ -N	N-tot
	[m ³ /ha]	[kg/ha]	[kg/ha]	[kg/ha]	[%]	[%]
Bovengronds	19,0	85,6	138,2	53,2	62,1	38,5
Schijveneg 2*	18,6	83,9	135,5	1,9	2,3	1,4
Schijveneg 1*	31,1	140,1	226,3	8,2	5,8	3,6
Ploeg	19,6	88,4	142,8	1,0	1,1	0,7

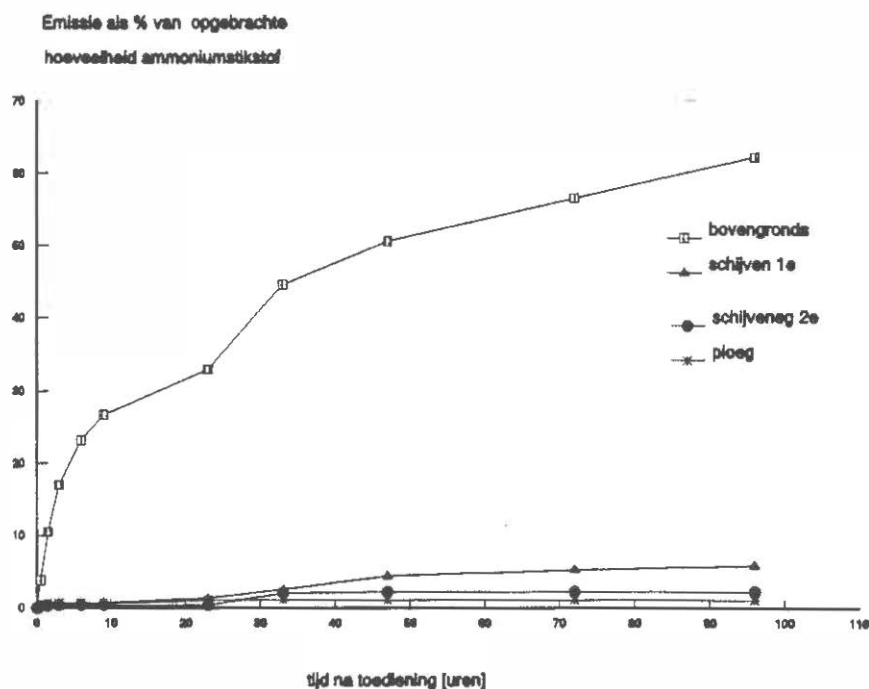
De mestgiften van het referentieveld ("bovengronds" in Tabel 3), het veld met bewerking in een tweede werkgang met de schijveneg en ploeg zijn vergelijkbaar. De mestgift toegediend met de schijveneg-mestverwerker (schijveneg 1* werkgang) was ruim anderhalf keer zo hoog, zodat de NH₄-N-gift eveneens te groter was dan gepland.

De totale emissie van het referentieveld bedroeg 62% van de hoeveelheid opgebrachte ammoniumstikstof. De ammoniakemissie van het veld waar de mest met de schijveneg in een tweede werkgang was ondergewerkt, bedroeg nog maar 2% van de opgebrachte hoeveelheid ammoniumstikstof. Dit betekent een reductie ten opzichte van het referentieveld van 96%. De emissie van na het toedienen en onderwerken van de mest met de zogenaamde schijveneg-mestverwerker bedroeg 6% van de opgebrachte hoeveelheid ammoniumstikstof, wat een reductie van 91% betekent.

Het onderwerken met de ploeg duurde 20 minuten langer dan het bovengronds breedwerpig verspreiden van de mest. De meting werd gestart zodra de helft van het veld was bemest en nog niet volledig was ondergewerkt. Gedurende een periode van ongeveer 10 minuten is de emissie gemeten van de deels ondergewerkte mest. De totale emissie bedroeg na 4 dagen 1% van de opgebrachte hoeveelheid ammoniumstikstof. Dit is een reductie ten opzichte van het referentieveld van 98%. Uit bijlage IV blijkt dat gedurende het eerste half uur van de meting de emissie het grootst was, maar nog niet zo groot als de emissie van het referentieveld. Het meten tijdens de periode dat de mest bovengronds lag, heeft weinig invloed gehad op de totale emissie. Dit kwam waarschijnlijk door het feit dat de wind tijdens het uitrijden over het gedeelte waaide dat als eerste werd ondergewerkt, zodat gedurende die 10 minuten de meeste mest al was ondergewerkt.

In Figuur 2 wordt het verloop van de emissie weergegeven. In deze figuur is bij het referentieveld het verschil tussen de emissie overdag en 's nachts te zien. Na 10 uur na het toedienen neemt de emissie minder toe. Na 24 uur na toedienen (begin van de tweede dag) neemt de emissie echter weer toe door de hogere windsnelheid en temperatuur in vergelijking met de nacht.

Uit deze figuur blijkt ook het grote verschil in emissie na bovengronds breedwerpig verspreiden met en zonder onderwerken van de mest. Na 48 uur is 81% van de emissie van het bovengronds breedwerpig uitgereden veld opgetreden en 75% van het met de schijveneg-mestverwerker uitgereden veld. De velden die in een tweede werkgang zijn ondergewerkt met de schijveneg en ploeg emitteren na 48 uur na het uitrijden geen ammoniak meer.



Figuur 2. Stikstofverlies als functie van de tijd na het toedienen van dunne varkensmest gevolgd door een bewerking in dezelfde en een tweede werkgang in vergelijking met bovengronds breedwerpig verspreide mest.

3.5 Vergelijking van resultaten

In Tabel 4 worden de in dit experiment onderzochte bewerkingen in een tweede werkgang vergeleken met eerder uitgevoerde experimenten op braakliggend bouwland op kleigrond (Bruins en Huijsmans, 1989) en bouwland met tarwestoppel op kleigrond (Bode, 1990). De experimenten waarmee wordt vergeleken zijn najaarsproeven met hogere mestgiften dan de voorjaarsproef die in dit verslag aan de orde is. Enkele verschillen en overeenkomsten kunnen worden genoemd.

Tabel 4. Mestgiften, ammoniakemissies en reductiepercentages van onderwerkproeven met de schijveneg en ploeg op kleibouwland.

Bewerking	Mestgift [m ³ /ha]	NH ₄ -N-gift [kg/ha]	Emissie [%]	Reductie [%]
<i>Maisstoppel:</i>				
Bovengronds	19,0	85,6	62,1	
Schijveneg	18,6	83,9	2,3	96
Ploeg	19,6	88,4	1,1	98
<i>Braakliggend:</i>				
Bovengronds	64	355,4	58,2	
Ploeg	64	355,4	5,9	90
<i>Tarwestoppel:</i>				
Bovengronds	38,6	213	68,7	
Schijveneg	36,7	202	38,7	44

De in dit experiment bepaalde emissiereductie na onderwerken met de ploeg komt goed overeen met de resultaten van een eerdere proef op braakliggende kleigrond. De schijveneg heeft het in dit experiment beter gedaan dan in het experiment in een tarwestoppel. Het verschil is vrij groot en zou kunnen worden verklaard door het feit dat de in dit experiment gebruikte schijveneg een vernieuwde versie was van de schijveneg die bij eerdere proeven was ingezet. Verder was bij de proef in de tarwestoppel de mestgift groter dan in dit experiment en was er meer stro op het land, zodat de schijveneg niet goed in de grond kon werken. Dit in tegenstelling tot het in dit rapport beschreven experiment, waar de maisstoppel was voorbewerkt en de schijveneg niet werd gehinderd.

4 Samenvatting en conclusies

In dit experiment is de ammoniakemissie na het onderwerken van dunne varkensmest vergeleken met de emissie van bovengronds breedwerpig uitgereden dunne varkensmest. Er zijn vier velden aangelegd: één veld met een schijveneg-mestverwerker, die de mest met slangen op de grond legt en vervolgens met een schijveneg in dezelfde werkgang onderwerkt en drie velden met een traditionele vacuum-tank. Van de drie bovengronds breedwerpig uitgereden velden fungeerde één als referentie en werden de andere twee in een tweede werkgang direct ondergewerkt met resp. een vernieuwde schijveneg en ploeg. Omdat de werkbreedte van een ploeg kleiner is dan van een mesttank of schijveneg, blijft de uitgereden mest een tiental minuten bovengronds liggen alvorens te worden ondergewerkt. Om deze korte periode dat de mest bovengronds lag mee te nemen in de bepaling van de totale emissie, is de meting gestart nadat de helft van het veld was uitgereden en nog niet was ondergewerkt. Het experiment vond plaats op voorbereikt bouwland op zandgrond.

De ammoniakemissie van het referentieveld was 62% van de opgebrachte hoeveelheid ammoniumstikstof. De emissie na het toedienen met de schijveneg-mestverwerker bedroeg 6% van de opgebrachte hoeveelheid ammoniumstikstof. Ten opzichte van het referentieveld is de emissie met 91% gereduceerd. Het onderwerken met een schijveneg in een tweede werkgang reduceerde de emissie tot 2%, overeenkomend met een reductie ten opzichte van het referentieveld van 96%. Van het veld dat na bovengronds breedwerpig verspreiden met een ploeg is ondergewerkt emitterde 1% van de ammoniumstikstof. De emissie van dit laatste veld is 98% lager dan van het referentieveld. De totale emissie is echter niet groter dan de emissie bij eerdere experimenten, waarbij de meting pas werd gestart nadat de helft van het veld was bemest én ondergewerkt. Dit kwam waarschijnlijk doordat de lucht aangevoerd werd over het deel dat als eerste werd ondergewerkt.

Uit de vergelijking met de resultaten van eerdere onderwerkproeven blijkt dat de emissiereductie na onderwerken met de ploeg hiermee goed overeen stemt. De emissiereductie na onderwerken met de schijveneg was in een vorige proef lager (44%) dan in dit experiment. Een mogelijke verklaring hiervoor zou kunnen zijn dat de in dit experiment gebruikte schijveneg een vernieuwde versie was van de schijveneg die bij eerdere proeven was ingezet en de mest beter heeft ondergewerkt. Verder was bij de vorige proef de mestgift groter dan in dit experiment en lag en stond er meer stro op het land, zodat de schijveneg niet goed in de grond kon werken. Dit in tegenstelling tot dit experiment, waar de maisstoppel was voorbereikt en de schijveneg niet werd gehinderd.

Literatuur

- Bode, M.J.C. de, 1990, Ammoniakemissie-onderzoek bij mengmesttoediening; het effect van onderwerken van varkensmest op bouwland I, Meetploegverslag 34506-2500. IMAG, Wageningen.
- Bussink, D.W., J.V. Klarenbeek, J.F.M. Huijsmans en M. Bruins, 1990, Ammoniakemissie bij verschillende toedieningsmethoden van dunne mest aan grasland, rapport A 89.086, NMI, 's Gravenhage.
- Bruins, M.A. en J.F.M. Huijsmans, 1989, De reductie van de ammoniakemissie uit varkensmest na toediening op bouwland; In- en onderwerkmethoden en tijdstippen van de bewerking na mesttoediening, IMAG-rapport 225. IMAG, Wageningen.
- Döhler, H., 1991, Laboratory and field experiments for estimating ammonia losses from pig and cattle slurry following application, in: Nielsen, V.C., J.H. Voorburg en P. L'Hermite (eds.), Odour and ammonia emissions from livestock farming. Elsevier Science Publishers Ltd, Londen.
- Hoeksma, P., 1988, De samenstelling van drijfmest die naar akkerbouwbedrijven wordt afgezet, IMAG, Wageningen.
- Pain, B.F. en J.V. Klarenbeek, 1988, Anglo-Dutch experiments on odour and odour emissions from landspreading livestock wastes, IMAG-research report 88-2, Wageningen.

Bijlage I Micrometeorologische massabalansmethode

Theorie

De metingen van de ammoniakemissie worden ondermeer uitgevoerd met de micrometeorologische massabalansmethode. Een uitgebreide beschrijving van deze methode is te vinden in Denmead (1983). Hier wordt volstaan met een beknopte beschrijving. De micrometeorologische massabalansmethode is gebaseerd op het verschil in aan- en afvoer van ammoniak over een proefveld (Figuur 3a). Bij afwezigheid van ammoniak bovenwinds van het proefveld wordt de ammoniakflux F vanaf het veld gegeven door:

$$F = \frac{1}{x} \int_{z_0}^{z_p} (\bar{u}(z) \cdot \bar{c}(z) + u'(z) \cdot c'(z)) dz \quad (1)$$

waarin:

F	=	flux [$\text{g m}^{-2}\text{s}^{-1}$];
x	=	aanstroomlengte, de afstand tussen de plaats waar de wind het veld binnenkomt en de centrale mast [m];
z_p	=	de hoogte waar de ammoniakconcentratie gelijk wordt aan de achtergrond (zie Figuur 3b) [m];
z_0	=	de ruwheidslengte (de hoogte waarop u gelijk aan 0 wordt) [m];
$u(z) \cdot c(z)$	=	de in de tijd gemiddelde horizontale flux veroorzaakt door horizontale convectie op hoogte z van de centrale mast [$\text{g m}^{-2}\text{s}^{-1}$];
$u'(z) \cdot c'(z)$	=	de turbulente flux veroorzaakt door horizontale diffusie loodrecht op de windrichting [$\text{g m}^{-2}\text{s}^{-1}$].

In het algemeen wordt aangenomen dat de laatste term verwaarloosbaar is ten opzichte van de convectieve term (Denmead, 1983; Denmead et al., 1977; Beauchamp et al., 1982; Beauchamp et al., 1987). Vergelijking (1) wordt daarom vereenvoudigd tot:

$$F = \frac{1}{x} \int_{z_0}^{z_p} \bar{u}(z) \cdot \bar{c}(z) dz \quad (2)$$

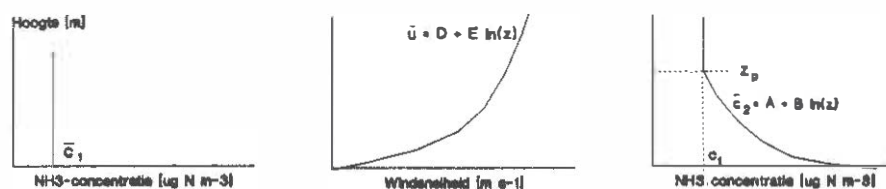
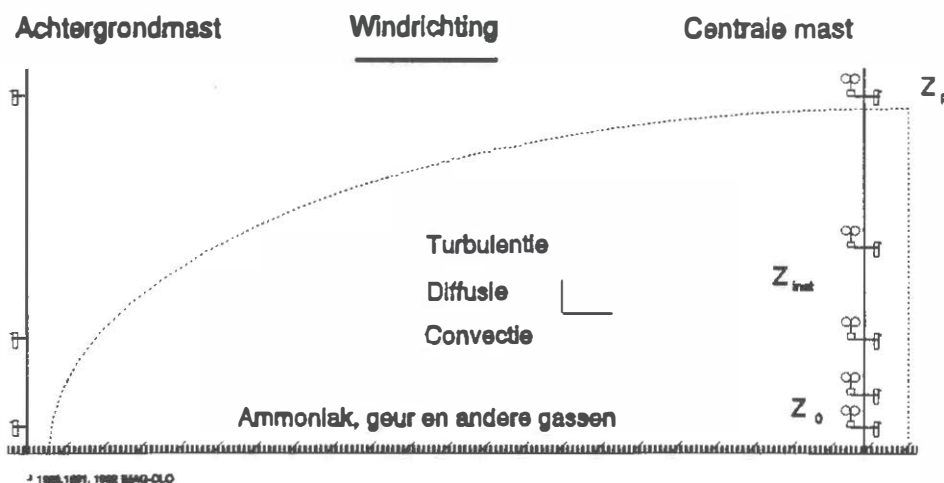
Bij aanwezigheid van ammoniak in de achtergrondlucht moeten zowel boven- als benedenwinds de profielen van de ammoniakconcentratie worden vastgesteld (Figuur 3b). Met deze profielen kan vervolgens het profiel van de horizontale flux worden berekend (zie Figuur 3c). De geïntegreerde horizontale flux over de hoogte levert voor beide meetposities de flux door een vertikaal vlak van eenheidsbreedte. De netto flux van het proefveld is het verschil tussen de fluxen door beide verticale vlakken. De flux kan worden uitgedrukt per landoppervlakte d.m.v. deling door de aanstroomlengte:

$$F_N = \frac{1}{x} \left(\int_{z_0}^{z_p} \bar{u}(z) \cdot \bar{c}_2(z) dz - \int_{z_0}^{z_p} \bar{u}(z) \cdot \bar{c}_1(z) dz \right) \quad (3)$$

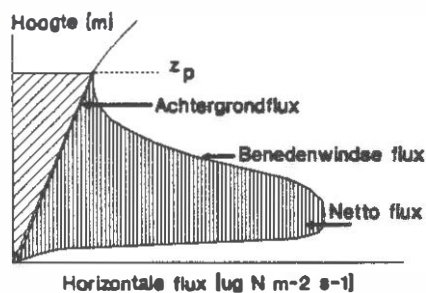
waarin:

F_N	=	nettoflux [$\text{g m}^{-2}\text{s}^{-1}$];
$\bar{c}_1(z)$	=	de gemiddelde bovenwindse ammoniakconcentratie op hoogte z [g m^{-3}];
$\bar{c}_2(z)$	=	de gemiddelde benedenwindse ammoniakconcentratie op hoogte z [g m^{-3}].

(a)



(b)



(c)

Figuur 3. Schematisch overzicht van de stappen in de bepaling van ammoniakemissie gebruikmakend van de micrometeorologische massabalansmethode; (a) veldopstelling in relatie tot windsnelheid, (b) typische vormen van de profielen van ammoniakconcentratie en windsnelheid en (c) de profielen van de horizontale flux boven- en benedenwinds van het veld (naar Ryden en McNeill, 1984).

Uit voorgaand onderzoek bleek dat er een lineair verband bestaat tussen de logaritme van de hoogte en de windsnelheid en tussen de logaritme van de hoogte en de ammoniakconcentratie:

$$u = D + E \ln(z) \quad (4)$$

$$c_2 = A + B \ln(z) \quad (5)$$

De ammoniakconcentratie in de achtergrondlucht is homogeen over de hoogte verdeeld.

Uitvoering

Bij het uitrijden wordt de mest verspreid zoals in Figuur 1 is weergegeven. De diameter van een veld is ongeveer 45 m. Een cirkelvormig veld vergemakkelijkt de berekening van de emissie. De benedenwindse flux kan dan in het midden van het veld worden gemeten, zodat de fetch voor alle windrichtingen gelijk is.

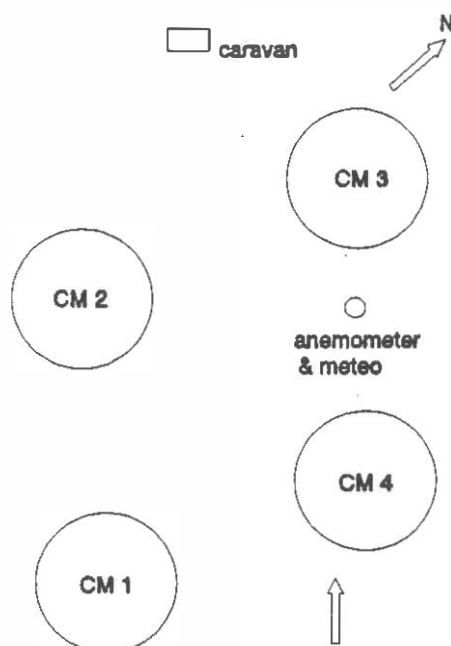
De ammoniakconcentratie in het midden van het veld is gemeten door zo snel mogelijk na het uitrijden (in ieder geval binnen 15 min) een 3,5 meter hoge mast in het midden van het veld te plaatsen (centrale mast). De centrale mast bevat 7 monsternamepunten, die in hoogte logaritmisch over de mast zijn verdeeld. Een monsternamepunt bestaat uit een wasflesje gevuld met met 0,02 M HNO₃ als absorptievloeistof en een impinger. Een impinger maakt het mogelijk door middel van een pomp en aanzuigslangen lucht door de vloeistof te leiden. Het ammoniumgehalte in de absorptievloeistof is met behulp van een ionchromatograaf bepaald. De luchtsnelheid door de absorptievloeistof wordt ingesteld op 2,5 l min⁻¹. De flow wordt per meetperiode 2 keer nagemeten.

De achtergrondconcentratie is gemeten door bovenwinds van het veld een mast te plaatsen van 3,5 m hoogte (achtergrondmast). Vanwege het ontbreken van een profiel is deze mast van slechts 4 monstername punten voorzien. Bij draaiing van de wind wordt de achtergrondmast zo verplaatst dat deze bovenwinds van het veld blijft staan. Naast het proefveld is een mast opgesteld voorzien van 6 anemometers om het windprofiel te meten. Ook de anemometers zijn in hoogte logaritmisch over de mast verdeeld.

Literatuur

- Beauchamp, E.G., G.E. Kidd en Thurtell, 1978, Ammonia volatilization from sewage sludge in the field, J. Environ. Qual. 7, 141-146.
- Beauchamp, E.G., G.E. Kidd en G. Thurtell, 1982, Ammonia volatilization from liquid dairy cattle manure in the field, Can. J. Soil Sci. 62, 11-29.
- Denmead, O.T., J.R. Simpson en J.R. Freney, 1977, A direct field measurement of ammonia emission after injection of anhydrous ammonia, Soil Sci. Soc. Am. 41, 1001-1004.
- Denmead, O.T., 1983, Micrometeorological methods for measuring gaseous losses of nitrogen in the field, in: J.R. Freney en J.R. Simpson (eds), Gaseous loss of nitrogen from plant-soil systems, Martinus Nijhoff/Dr W Junk Pub, Den Haag.
- Ryden, J.C. en J.E. McNeill, 1984, Application of the micrometeorological mass balance method to the determination of ammonia loss from a grazed sward, J. Sci. Food Agric. 35, 1297-1310.

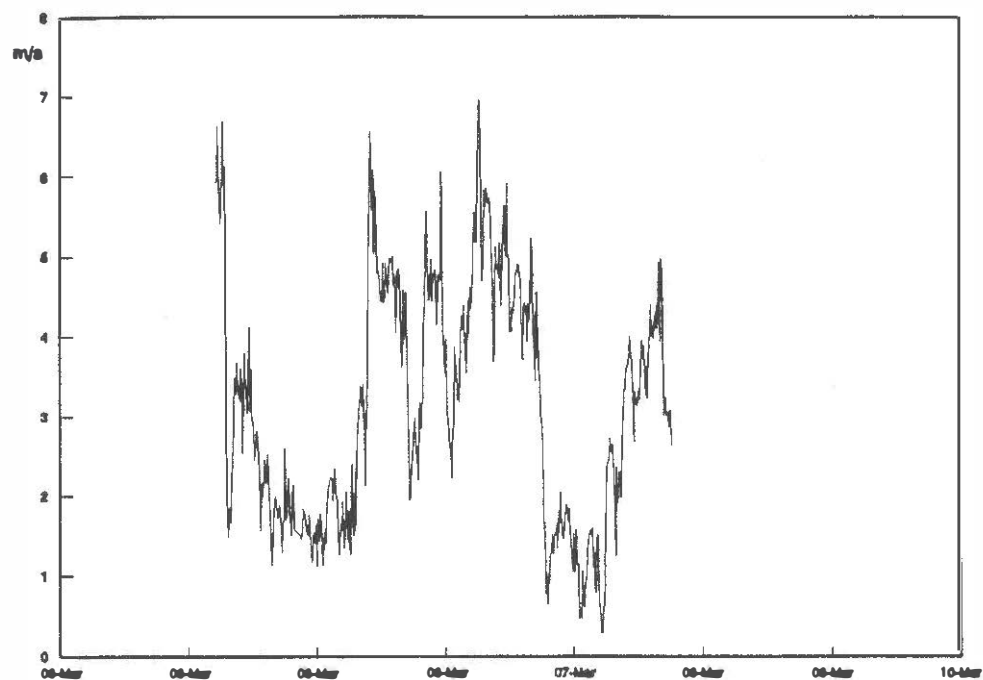
Bijlage II Schema proefvelden 4 t/m 8 maart 1992



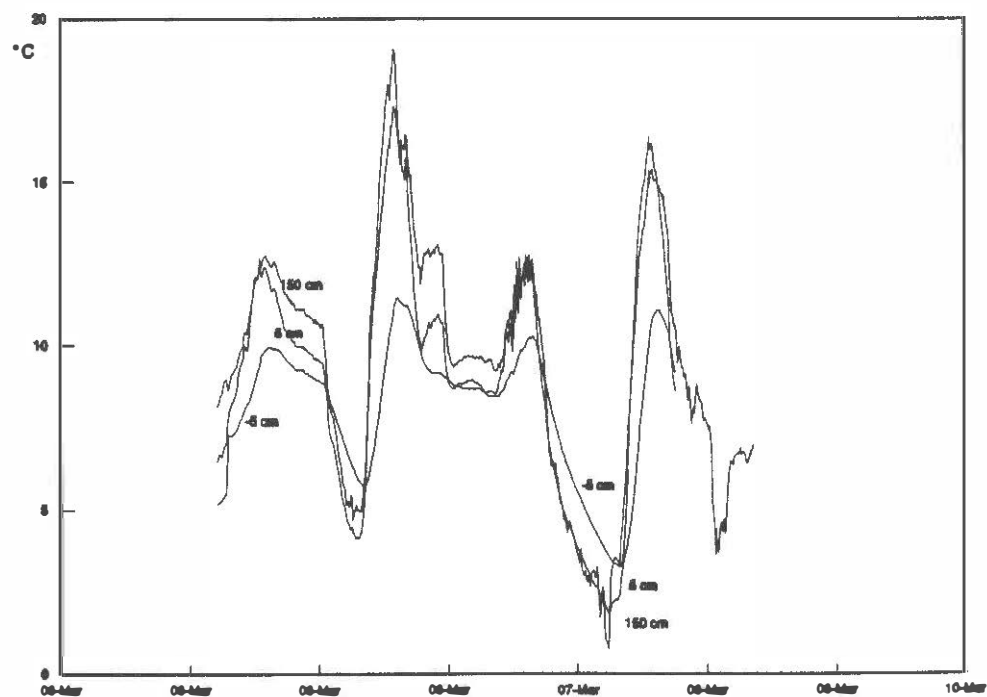
Figuur 4. CM 1 bovengronds breedwerpig;
CM 2 schijveneg;
CM 3 bouwlandinjecteur;
CM 4 ploeg.

- 1 Na het uitrijden bleef de mest in de sporen staan. Dit was op de tweede dag nog zo.
- 2 Snel en goed ondergewerkt.
- 3 Goed ondergewerkt, al ging het de dag ervoor dieper en beter; af en toe mestsporen zichtbaar.
- 4 Goed ondergewerkt; vanwege kleine werkbreedte van de ploeg is ca. 10 minuten aan de bovengronds uitgereden mest gemeten. Waarschijnlijk is er weinig verschil, omdat de wind uit Z-W over het al ondergewerkte gedeelte streek.

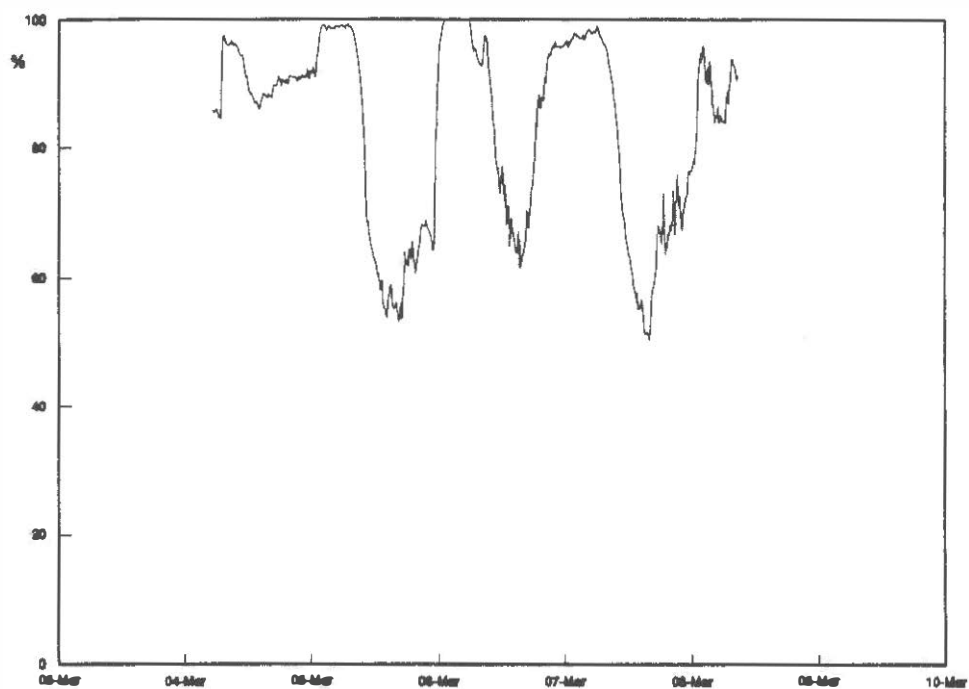
Bijlage III Weersomstandigheden tijdens het experiment



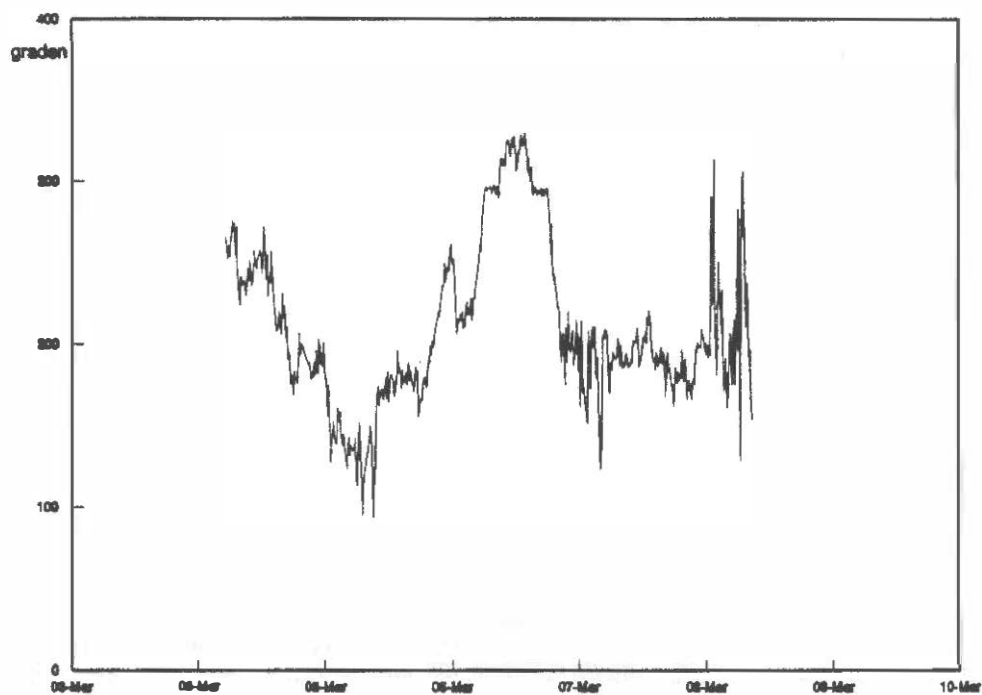
Figuur 4. Windsnelheid op 2,4 m hoogte.



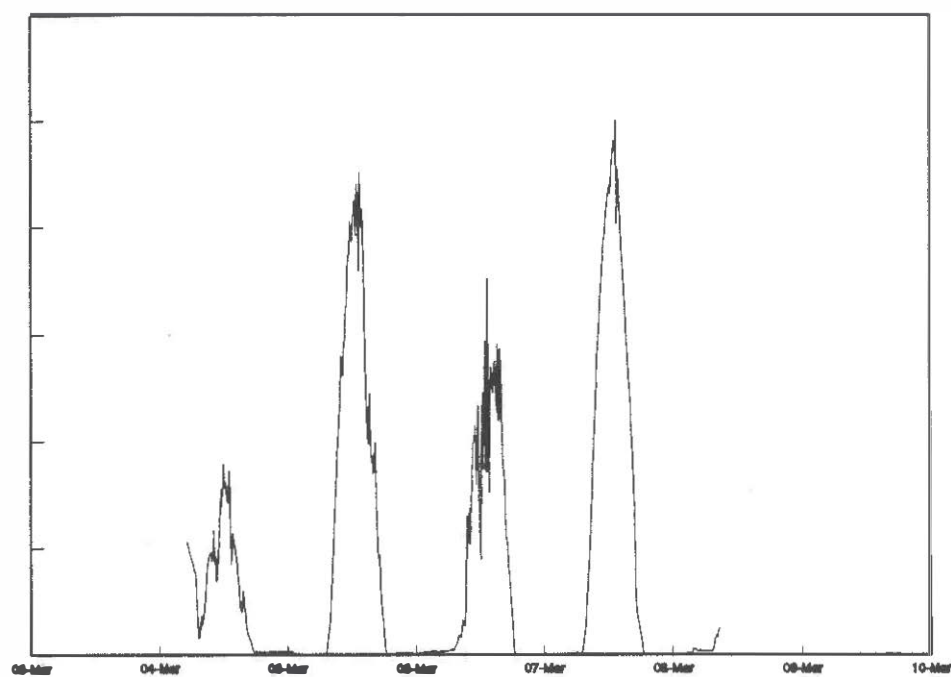
Figuur 5. Luchttemperatuur op 1,5 m hoogte en aan de grond; bodemtemperatuur op 0,05 m diepte.



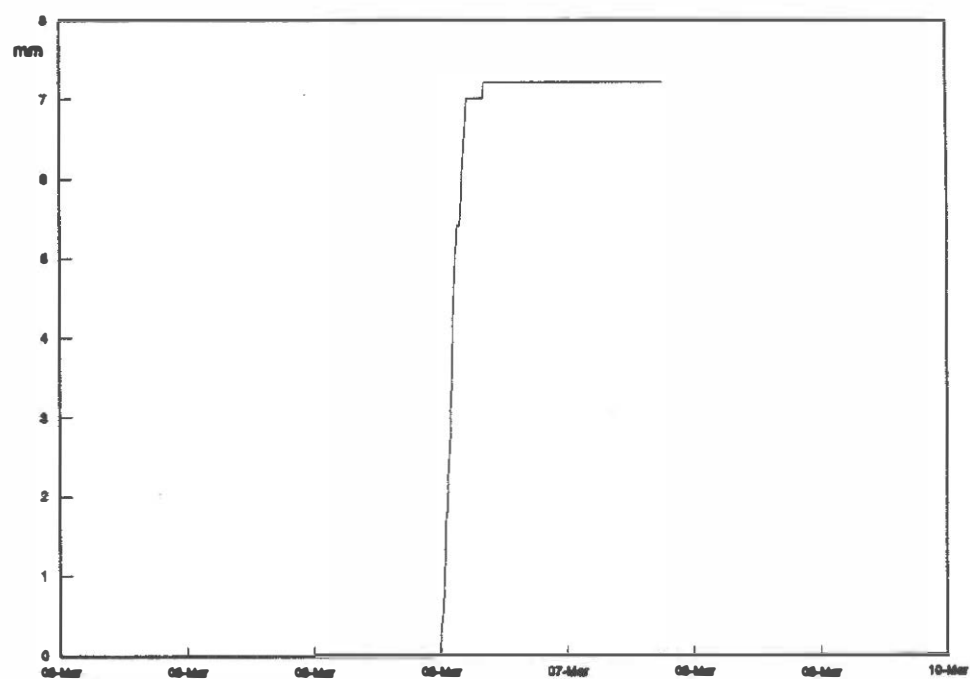
Figuur 6. Relatieve luchtvochtigheid op 1,5 m hoogte.



Figuur 7. Windrichting.



Figuur 8. Globale straling.



Figuur 9. Regenhoeveelheid.

Bijlage IV Emissiesnelheid per meetmethode

Bovengronds breedwerpig dunne varkensmest (referentieveld)

periode	emissiesnelheid	cumulatief verlies		
na	[kg/ha/dag]	[kg/ha]	[%] t.o.v.	
uitrijden			NH ₄ -N	N-tot
0 - ½ uur	156,36	23,26	3,80	2,36
½ - 1½ uur	138,65	8,94	10,44	6,47
1½ - 3 uur	89,45	14,53	16,97	10,51
3 - 6 uur	44,17	19,87	23,20	14,37
6 - 9 uur	25,55	22,85	26,68	16,53
9 - 23 uur	9,17	28,17	32,90	20,38
23 - 33 uur	23,99	38,18	44,59	27,62
33 - 47 uur	8,60	43,25	50,51	31,29
47 - 72 uur	4,86	48,25	56,34	34,90
72 - 96 uur	4,90	53,16	62,08	38,46

Schijveneg tweede werkgang

periode	emissiesnelheid	cumulatief verlies		
na	[kg/ha/dag]	[kg/ha]	[%] t.o.v.	
uitrijden			NH ₄ -N	N-tot
0 - ½ uur	68,91	0,19	0,22	0,14
½ - 1½ uur	2,54	0,29	0,35	0,21
1½ - 3 uur	0,63	0,33	0,39	0,24
3 - 6 uur	0,00	0,33	0,39	0,24
6 - 9 uur	0,00	0,33	0,39	0,24
9 - 23 uur	0,00	0,33	0,39	0,24
23 - 33 uur	3,30	1,72	2,05	1,27
33 - 47 uur	0,30	1,89	2,26	1,40
47 - 72 uur	0,00	1,89	2,26	1,40
72 - 96 uur	0,00	1,89	2,26	1,40

Schijveneg-mestverwerker

periode	emissiesnelheid	cumulatief verlies		
na	[kg/ha/dag]	[kg/ha]	[%] t.o.v.	
uitrijden			NH ₄ -N	N-tot
0 - ½ uur	7,47	0,16	0,11	0,07
½ - 1½ uur	4,61	0,34	0,24	0,15
1½ - 3 uur	2,49	0,51	0,35	0,22
3 - 6 uur	2,65	0,82	0,58	0,36
6 - 9 uur	1,27	0,99	0,71	0,44
9 - 23 uur	1,45	1,83	1,30	0,80
23 - 33 uur	3,98	3,50	2,50	1,54
33 - 47 uur	4,51	6,15	4,39	2,70
47 - 72 uur	1,19	7,36	5,25	3,23
72 - 96 uur	0,81	8,18	5,84	3,59

Ploeg tweede werkgang

periode	emissiesnelheid	cumulatief verlies		
na	[kg/ha/dag]	[kg/ha]	[%] t.o.v.	
uitrijden			NH ₄ -N	N-tot
0 - ½ uur	18,41	0,38	0,43	0,27
½ - 1½ uur	3,64	0,53	0,60	0,37
1½ - 3 uur	0,00	0,53	0,60	0,37
3 - 6 uur	0,00	0,53	0,60	0,37
6 - 8 uur	0,00	0,53	0,60	0,37
8 - 22 uur	0,75	0,97	1,09	0,68
22 - 32 uur	0,00	0,97	1,09	0,68
32 - 46 uur	0,00	0,97	1,09	0,68
46 - 71 uur	0,00	0,97	1,09	0,68
71 - 95 uur	0,00	0,97	1,09	0,68